

GLOSSÁRIO

**Polarização** - Polarização do aço é a mudança no seu potencial a partir do valor de circuito aberto para o valor do potencial resultante da passagem de corrente. A polarização implica na existência de duas reações eletroquímicas opostas ou que se neutralizam de forma simultânea. O potencial resultante é chamado de mixto porque é o potencial que evidencia a situação do aço quando duas ou mais reações eletroquímicas ocorrem simultaneamente.

**Passividade** - Condição na qual o aço, devido a uma cobertura impenetrável de óxido ou outra substância, fica com um potencial muito mais positivo do que aquele que caracteriza seu estado ativo de corrosão.

**Série galvânica** - Lista dos metais arranjados de acordo com seus potenciais de corrosão relativos a um dado ambiente. Quando dois metais são postos em contato, produzem voltagem como em uma pilha.

Figura 1 - Monitorando a corrosão dentro de uma viga caixão de uma ponte.

Os efeitos do aumento da despesa no controle de uma estrutura.

Joaquim Rodrigues

# O controle da corrosão

Em nossa vida diária, já não se toleram paralizações devido a corrosão, especialmente aquelas que envolvem interrupções não programadas, tragédias com pessoas ou fatalidades. O conceito de estruturas de concreto armado/protendido inteligentes, felizmente, já existe.

Qual é o governo, seja do Brasil, dos EUA ou de qualquer outro país que não gasta, anualmente, grandes valores em obras de estruturas sintomáticas por corrosão? Ocorre que, na engenharia civil e na indústria da construção, aqui no Brasil, corrosão é uma “desgradável surpresa” baseada no hereditário “teste de São Tomé”. Efetivamente, pois temos exemplos catastróficos. A técnica de se analisar ou “controlar” a estru-

tura após a surgência de problemas é tão estúpida quanto ignorante, pois expõe a vida e o bolso do usuário de forma exponencial. Numa crítica relâmpago, poder-se-á afirmar que análises feitas apenas entre longos períodos sempre conduzem a conclusões incompletas ou mesmo enganosas. Na verdade, torna-se difícil argumentar ou convencer técnicos e dirigentes da importância do controle das estruturas, já que

“os sintomas de corrosão só se manifestam após uma ou duas décadas de uso”. A linha de conduta, hoje, em plantas industriais, pontes ou edificações comuns infelizmente não passa de “inspeções” baseadas sempre em sintomas terminais que conduzem a situações do tipo “para ou não” uma estrutura. Sem comentários. Monitorar a corrosão significa medir o seu desenvolvimento e os danos conseqüentes por um longo período de tempo e, freqüentemente, envolve um ganho de informações que possibilitam um profundo conhecimento de como e porque a velocidade da corrosão, na estrutura, oscila em função do tempo. (O Instituto de Patologias da Construção dispõe de apostila sobre o tema “O controle da corrosão através de inspeções e monitoramento. Escrita em inglês, com 109 páginas. Custa R\$ 15,00, já com despesas de correio. Os tópicos desta apostila são: introdução, inspeção, evolução do controle, monitorando e gerencian-

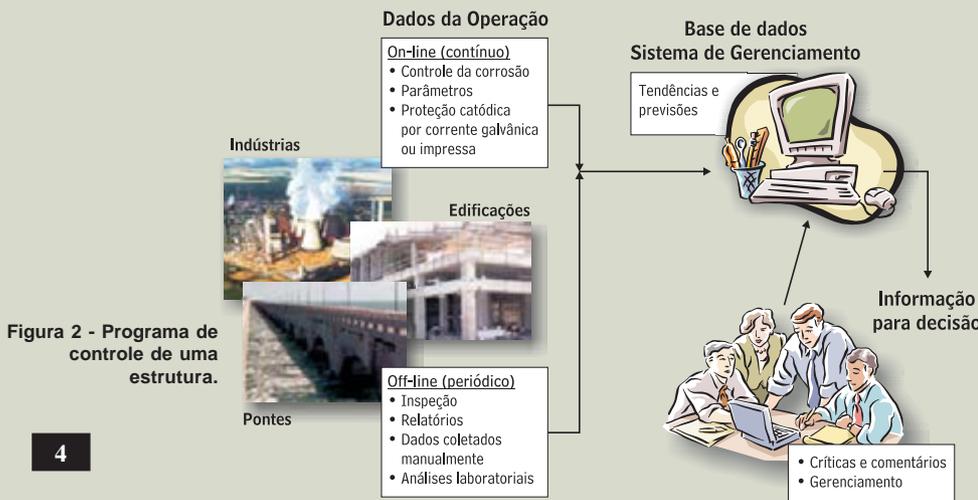


Figura 2 - Programa de controle de uma estrutura.

# Rumo as Estruturas Inteligentes

Breve, breve toda estrutura de concreto armado e protendido estará sob controle no que tange à corrosão. A **GALVAPULSE**, com seu revolucionário design e pronto diagnóstico, antecipou-se no tempo, oferecendo todo o poder do controle da corrosão.

**GALVAPULSE** oferece:

- A velocidade da corrosão em 10 segundos.
- O reconhecimento da corrosão nas armaduras, mesmo em ambiente anaeróbico.
- Potenciais e resistividade simultaneamente.
- Eletrodo com design moderníssimo.
- Computador e software fácil de operar.
- A corrente que circula nas armaduras.
- Dados fáceis de acessar para o Windows, obtendo-se o mapeamento em 2D e 3D.



**GALVAPULSE**  
O domínio da corrosão.



Tele: (0xx21) 2493-4702  
Fax: (0xx21) 2493-5553  
e-mail: rogermat@dh.com.br  
site: www.rogermat.com.br

Fax consulta nº 02



O GECOR em ação.

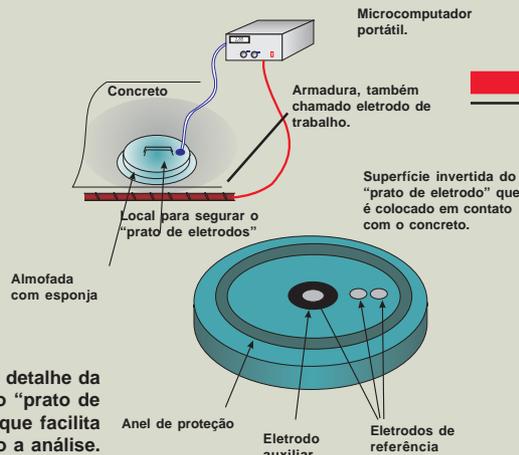


Figura 3 - O detalhe da superfície do "prato de eletrodos", que facilita muito a análise.

do os danos da corrosão, sensibilização da corrosão com fibras óticas e ensaios não destrutivos).

Equipamentos de controle de corrosão, hoje disponíveis, atestam a evolução do processo, orientando para serviços de recuperação eficazes e por que não dizer, insignificantes, no que diz respeito a custos.

O conceito "estruturas de concreto armado/protendido inteligentes" já é uma realidade lá fora, exatamente pela absorção do conceito de controle com o uso de equipamentos que, efetivamente, atestam a estrutura. Trata-se de uma evolução lógica.

### A corrosão

Teoricamente, armaduras dentro de um ambiente chamado concreto, de boa qualidade, não devem corroer. Sua alta alcalinidade, algo em torno de 12, dá à superfície do aço a condição que chamamos de passivação, a qual reduz as chances de sua auto

desintegração, seja pela simples presença de água dentro do concreto, seja por fatores acelerantes como o ingresso de íons ativos, como os cloretos ou pela diminuição de sua alcalinidade (pH) devido à reação do hidróxido de cálcio, presente no concreto, com o dióxido de carbono atmosférico, processo este chamado carbonatação. É bom lembrar que corrosão é a desintegração do aço pela reação com seu ambiente. A verdade, bem sinistra por sinal, é que uma vez iniciada a corrosão nas armaduras, este processo de desintegração do aço é absolutamente auto-sustentável, sendo que, o volume dos produtos de corrosão é maior do que o volume do aço consumido, conduzindo o concreto protetor a um processo de desintegração bem conhecido por todos nós.

A partir dos anos 80, foram introduzidos novos conhecimentos e maior domínio sobre o processo de corrosão no concreto armado, surgiram então os primeiros supere-

quipamentos capazes de controlar, de forma bem precisa, a velocidade de desintegração do aço dentro do concreto e de estruturas metálicas industriais.

### A técnica do potencial da armadura

A técnica de controle da corrosão mais simples é a medida dos potenciais das armaduras com a semi-pilha, cujos procedimentos e interpretação são descritos na ASTM C876 e nas RECUPERAR 6, 37, 38, 39, 40 e 41. A base desta técnica recai no fato de que o potencial de corrosão das armaduras mudará, na direção negativa, se sua superfície mudar de um estado passivo inicial sem corrosão para um estado de corrosão ativo. Os resultados desta técnica são qualitativos, sem qualquer informação a respeito da verdadeira velocidade de corrosão da armadura. É interessante ressaltar que nem sempre potenciais muito negativos representam alta velocidade de corrosão, já que poder-se-á ter pouca ou nenhuma difusão de oxigênio, seja pelo fato do concreto, naquela área, estar saturado d'água ou modificado com polímeros, o que asfixiaria as reações catódicas adjacentes.

### As técnicas de polarização

A seguir, apresentamos as duas técnicas que, efetivamente, controlam o processo de corrosão nas armaduras. Ambas as técni-

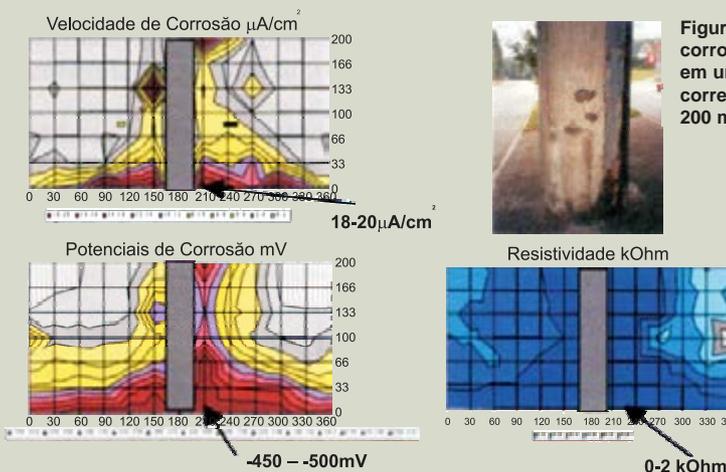
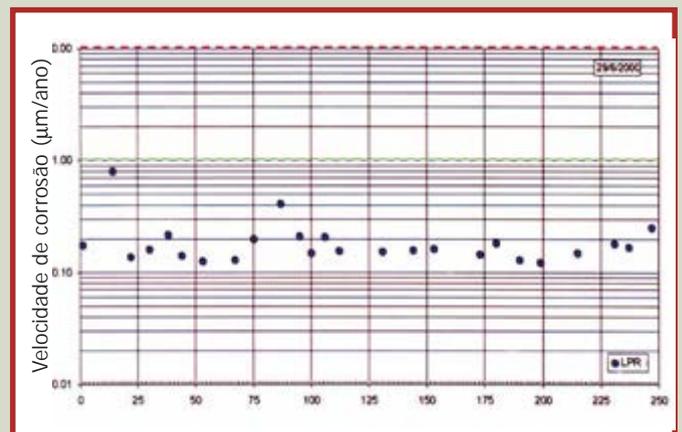


Figura 4 - Valores da velocidade da corrosão, potenciais de corrosão e resistividade do concreto medidos com o GALVAPULSE em um pé pilar de um viaduto. A velocidade média de 19mA/cm² corresponde a uma perda de seção transversal anual de cerca de 200 micrômetros ou de 0,2mm.

Figura 5 - Exemplo de um monitoramento feito a partir do início da vida de uma estrutura.



### CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA VELOCIDADE DE CORROSÃO

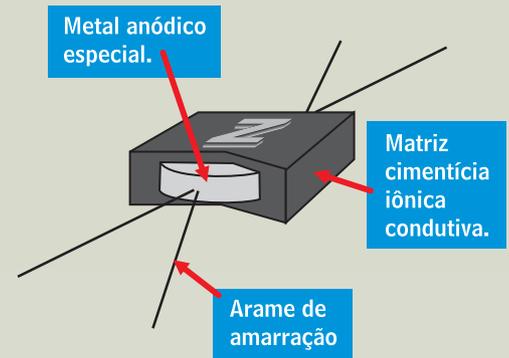
GRAU DE CORROSÃO	VELOCIDADE DE CORROSÃO	
	Densidade de Corrente $\mu A/cm^2$	Perfuração $\mu m/ANO$
Desprezível	0,01 a 0,2	1,1 a 2,2
Início de corrosão ativa	> 0,2	> 2,2
Ataque importante mas não severo	~ 1,0	~ 11,0
Ataque muito importante	> 10	> 110,0

# COMBATA A CORROSÃO EM SUA OBRA DE **RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL**

100%  
PROTEÇÃO CATÓDICA

Faça a proteção catódica com Pastilha Z, sua única garantia contra o retorno da corrosão nos seus serviços de recuperação/reforço estrutural. Suas vantagens são inúmeras:

- Proteção localizada contra a corrosão nas armaduras, em qualquer tipo de estrutura, para todo tipo de ambiente.
- Único produto que, efetivamente, interrompe a corrosão, comprovando-se com a semi-pilha.
- A Pastilha Z é facilmente incorporada a armaduras novas ou em estado de corrosão.
- A Pastilha Z garante sua estrutura por, pelo menos, 15 anos contra a corrosão.



**PASTILHA Z**  
Não faça recuperação sem ela!



Tel.: (21) 2494-4099  
Fax: (21) 2493-553  
e-mail: rogermat@dh.com.br  
www.rogermat.com.br

Fax consulta nº 03

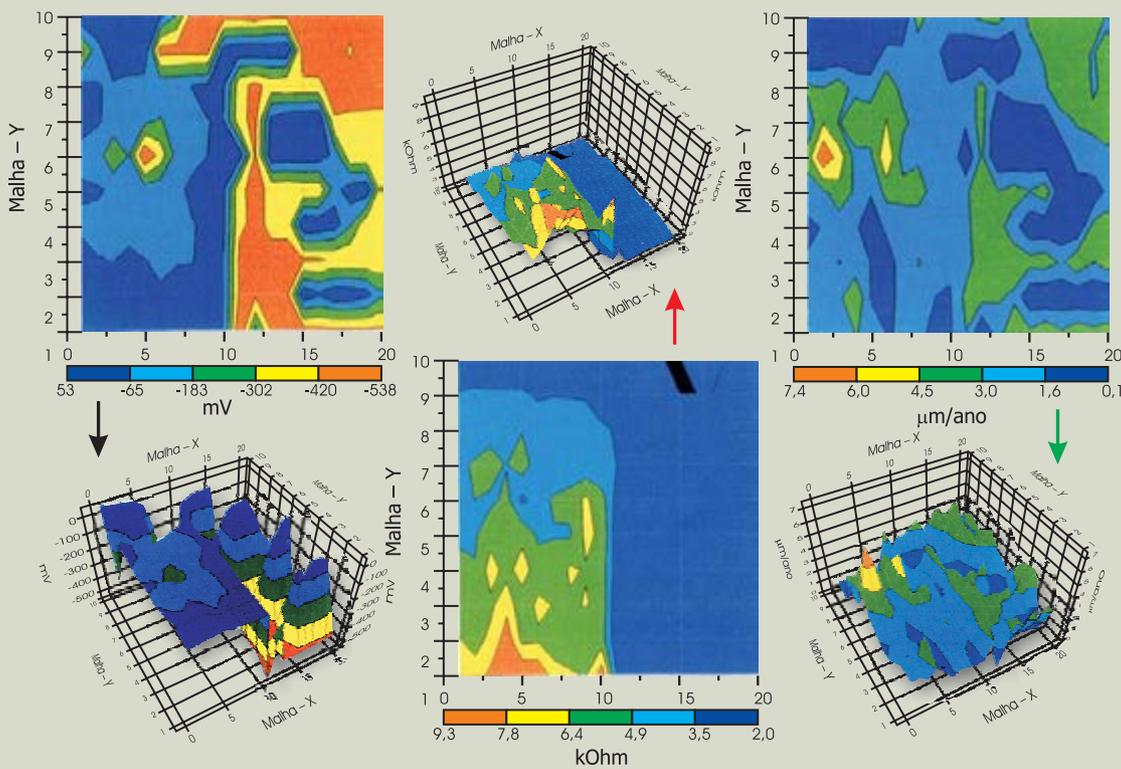


Figura 6 - O microcomputador portátil do equipamento de monitoramento da velocidade de corrosão permite visualizar a estrutura analisada em 2D e 3D. A distância entre as coordenadas X é de 30cm, assim como as da Y (GALVAPULSE).

produzir variadas condições de oxidação, medindo-se o correspondente potencial.

### A resistência de polarização (RP) com o GECOR

A técnica RP explora a inércia do concreto para transferir cargas elétricas. A relação armadura passivada/concreto apresenta uma RP bem maior do que aquela onde há corrosão ativa. O princípio da técnica RP é o da aplicação de um pequeno

sinal ou estímulo à armadura, exercendo assim uma pequena polarização no aço, naturalmente a partir do potencial de circuito aberto em que ele se encontrava, medindo-se o incremento de corrente conseqüente. A essência desta técnica, na verdade, baseia-se nos valores ou na resposta que o eletrodo de referência capta quando se injeta uma pequena voltagem, algo em torno de 20mV (polarização) através do eletrodo

cas baseiam-se na polarização. A medida de atuação da polarização é um excelente método para determinar o comportamento da corrosão no aço, uma vez sujeito a toda sorte de condições oxidantes. As curvas de polarização, conseqüentes deste estudo, podem ser representadas por um gráfico da corrente que vai ou que vem da superfície

do aço versus o potencial eletroquímico daquela superfície. Variando o potencial do aço, poder-se-á examinar diferentes condições oxidantes que se impõem na superfície do material. A corrente correspondente fornece a medida da velocidade das reações para cada potencial imposto. De forma contrária, poder-se-á aplicar uma corrente para

## Porque monitorar a corrosão?

O controle da corrosão é a melhor estratégia de acompanhamento de uma estrutura poupando-se tudo. Basicamente, existem quatro estratégias para lidar com a corrosão.

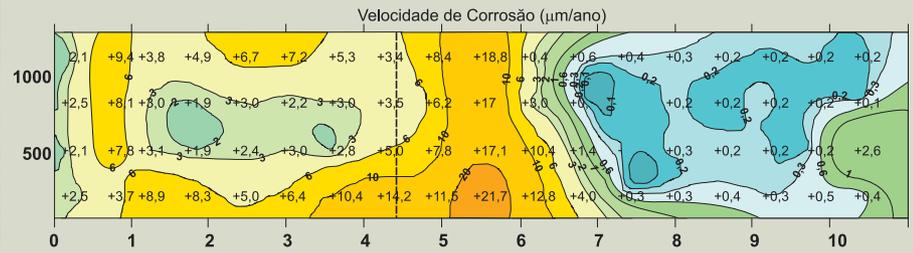
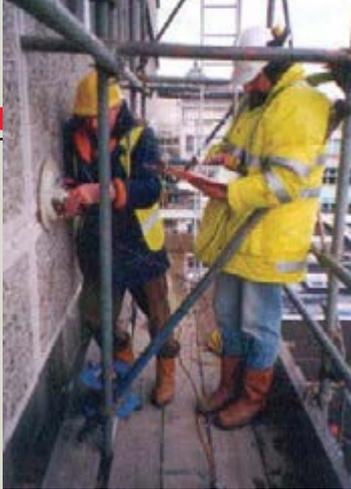
- Ignorando-a até ocorrer a ruína parcial ou total da estrutura. Nesta técnica, chamada de filosofia reativa, o monitoramento da corrosão é completamente ignorado e suas conseqüências catastróficas, em termos de segurança ao usuário quanto ao prejuízo material.
- Com inspeções e recuperações a intervalos programados. Caso os intervalos sejam muito longos, o risco de corrosão torna-se excessivo, incorrendo em grandes gastos e no fator segurança. Esta estratégia apenas baseada na análise visual, isto é, sem o monitoramento da corrosão, conduz a serviços ausentes de qualidade além de perigosos, já que dão a falsa impressão de que está tudo bem.
- Usando materiais que impedem a corrosão, como as Pastilhas Galvânicas, Zinco Termo Projetado, Jaqueta G, etc. A utilização de materiais que efetivamente neutralizam a corrosão é crucial na maioria dos programas de controle da mesma. Entretanto, sem o seu monitoramento poder-se-á incorrer em gastos excessivos ou, o que é mais comum, em proteção insuficiente, devido ao desconhecimento total da corrosão existente.
- Aplicando, seletivamente, o controle de corrosão, onde e quando necessário. Conceitualmente, com o monitoramento da corrosão, cria-se uma estrutura inteligente, onde, de forma ideal, revela-se quando e onde necessita-se de ações corretivas. Tudo isto de maneira econômica e, o mais importante, segura.

A importância do monitoramento da corrosão feita em estruturas de concreto armado e protendido, em instalações industriais, torna-se aparente pelo acima exposto. Os benefícios são muitos, como: aumento da segurança, diminuição significativa do tamanho da obra, interrupção, redução nos custos e, o mais importante, aumento da expectativa de vida da estrutura.

### GLOSSÁRIO

- Proteção catódica** - Neutralização da corrosão pela mudança do potencial do aço, em estado de corrosão, em direção a um potencial oxidante inferior, aplicando-se uma força eletromotriz externa com o uso de um anodo metálico (galvânico) menos nobre ou mais ativo, ou injetando-se corrente de forma direta.
- Polarização anódica** - Mudança no potencial do aço para uma direção mais positiva (mais nobre), devido a um fluxo de corrente.
- Polarização catódica** - Mudança no potencial do aço para uma direção mais negativa (mais ativa), devido a um fluxo de corrente.
- Eletrodo auxiliar** - O eletrodo em uma pilha eletroquímica usado para transferir corrente da armadura. Usualmente feito de material não corrosivo.
- Corrosão** - Deterioração do aço, ou qualquer outro metal, pela reação com seu ambiente.
- Densidade de corrente** - Corrente que flui de uma área unitária da superfície do aço ou propriamente a relação corrente/área do aço.
- Inércia** - Resistência oferecida por qualquer corpo a uma mudança em seu estado de repouso ou movimento. É uma propriedade fundamental de todo material. A medida da inércia de um objeto é sua massa.
- Eletronegatividade** - Fornece uma medida da tendência do átomo de um elemento em incorporar elétrons estranhos à sua estrutura. Os átomos que exigem pequena quantidade de energia para ceder seu elétron não tem tendência em incorporar elétrons (baixa eletronegatividade).

Figura 7 - A velocidade de corrosão sendo tomada em vigas e pilares, utilizando-se o prato de eletrodos. Ao lado o resultado do mapeamento dessa velocidade.



auxiliar. O que se verifica é que a corrente necessária a este intento é proporcional à velocidade de corrosão daquela região do aço em análise. Em outras palavras, uma região do aço em estado passivo requer ou necessita de pequena quantidade de corrente para alterar seu potencial (ausente) de corrosão, ao passo que uma região da armadura com corrosão ativa precisa de grande quantidade de corrente. A conversão entre a corrente aplicada e a velocidade de desintegração do aço depende do co-

nhecimento de uma série de constantes específicas que têm a ver com a combinação aço-eletrolito existente nos vazios do concreto e com a área da superfície do aço a ser testada.

Já parece claro que a medida da velocidade da corrosão nas armaduras do concreto é o meio mais completo e preciso de diagnosticar a condição do aço e a sua durabilidade. Um outro aspecto é que as mudanças que ocorrem com os potenciais de corrosão evidenciam o comportamento ativo/passivo do aço. Este importante parâmetro, a velocidade da corrosão, por fim, relaciona-se à verdadeira cinética do processo de desin-

tegração do aço, podendo variar bastante a partir de uma armadura em estado passivo, com valores desprezíveis em torno de 0,1µm/ano a 100µm/ano quando esta mesma armadura passa para um estado ativo de corrosão. O GECOR utiliza um “prato de eletrodos” que é aplicado diretamente na superfície do concreto, sem necessidade de inserção prévia de qualquer aparelho na estrutura. Os eletrodos de referência e auxiliar estão embutidos na superfície do “prato” e são circundados por um “anel de proteção” que restringe o envio do sinal ou perturbação a uma área bem definida. O equipamento precisa apenas de uma ligação com a armadura, de modo a permitir a obtenção dos potenciais.

### O pulso galvanostático com o GALVAPULSE

Esta técnica também utiliza a emissão de sinal ou perturbação eletroquímica a partir da superfície da estrutura em direção às armaduras. Ao contrário da técnica RP, aqui aplica-se um pulso de corrente na superfície do concreto, polarizando as armaduras na direção anódica, a partir do seu potencial de circuito aberto.

Este moderníssimo método de pulso galvanostático induz um pequeníssimo pulso de corrente anódica que varia de 5 a 400µA com um tempo de duração em torno de 10 segundos. O eletrodo de referência deste



Figura 8 - Equipamento de controle da corrosão com “prato de eletrodos”.

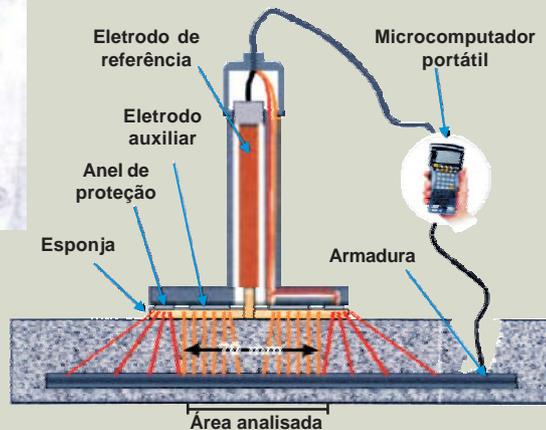


Figura 9 - No “prato de eletrodos” do GALVAPULSE, o anel de proteção confina a corrente injetada pelo eletrodo auxiliar a uma área bem definida de 32cm<sup>2</sup>, obtendo-se desta forma, com o valor da corrente injetada, a densidade de corrente em µA/cm<sup>2</sup>. Acima o GALVAPULSE em ação

## It takes vision

- Teste Ultrassônico TICO
- Exclerômetro SCHMIDT
- Teste de Arrancamento DYNA
- Medidor de Resistividade RESI
- Teste de Permeabilidade TORRENT
- Localizador de Barras PROFOMETER 5
- Analizador dos Potenciais de Corrosão CANIN



**For non-destructive testing of concrete**

Tel.: (21) 2494-4099

Fax.: (21) 2493-5553

E-Mail: rogermat@dh.com.br

[www.rogermat.com.br](http://www.rogermat.com.br)

Fax consulta nº 04

equipamento analisa então o potencial eletroquímico resultante na armadura testada em função do tempo de polarização imposto.

O GALVAPULSE, da mesma forma que o GECOR, é fornecido com “prato de eletrodos” e anel de proteção. Em recente trabalho de pesquisa efetuado por pesquisadores suecos e alemães, atestou-se a excelente qualidade dos dois equipamentos.

### Conclusão

As medições são feitas em intervalos de aproximadamente quatro meses. Os íons cloretos, agentes aceleradores do processo de corrosão, principalmente pelo fato de aumentarem a condutividade elétrica da água, far-se-ão notados pelo volume de corrosão provocado.

O resultado proveniente das medidas é posto em um gráfico velocidade de corrosão, em micrômetros de perfuração por ano versus tempo ou na forma de densidade de corrente versus tempo, utilizando-se cores de modo a se ter uma perfeita visão do processo, particularmente pelo conhecimento de grandes

variações na velocidade de corrosão entre áreas ativas e passivas.

O monitoramento da velocidade de corrosão, portanto, promove a mais profunda visualização da situação das armaduras de peças de concreto armado e pretendido fornecendo, a partir do início da vida da estrutura, se possível, um aviso do processo de corrosão que poderá se instalar, utilizando-se estes dados para recuperar, de forma precisa, à estrutura e avaliando-se também a efetividade do tratamento. 

### Fax consulta nº 06

Para ter mais informações sobre  
Corrosão.  
click aqui:  
<http://www.recuperar.com.br>

### REFERÊNCIAS

- **Joaquim Rodrigues** é engenheiro civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPE-RAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- J.L. Dawson et al., Corrosion of Reinforcement in Concrete.
- J.P. Broomfield et al, Materials Performance.
- Stern M., Geary A., J. Electrochem. Soc. 104.

### GLOSSÁRIO

**Potencial de circuito aberto** - O potencial da armadura medido em relação à semi-pilha, sem que haja corrente circulando.

**Densidade de corrente** - Corrente elétrica de ou para uma unidade de área da armadura.

**Potencial do eletrodo** - É o potencial do aço, por exemplo, em um eletrolito como o concreto, medido contra um eletrodo de referência.

**Pilha ativa-passiva** - Uma pilha de corrosão na qual o anodo é uma região do aço (por exemplo) no estado ativo e o catodo é uma outra região do aço no estado passivo.

**Curva de polarização** - Um gráfico de potencial versus densidade de corrente do aço para uma combinação específica aço/eletrolito.

**Inclinação de Tafel** - A inclinação da região reta da curva de polarização, usualmente para valores superiores a 50mV do potencial de circuito aberto, quando a curva é apresentada em um gráfico semi-logarítmico em termos de volts por ciclo logarítmico de densidade de corrente (comumente relacionado como volts por década).

- Klinghoffer, D. “Assessment of reinforcement corrosion by galvanostatic pulse technique”.
- Wietek, B. “Monitoring the corrosion of steel in concrete” F.I.P. Symposium on post-tensioned concrete structures.
- Elsener, B. Potential mapping and corrosion steel in concrete ASTM STP 1065.
- Macdonald, D.D. “Determination of the polarization resistance of rebar in reinforced concrete”.



**ZTP**  
(ZINCO TERMO PROJETADO)

**20 ANOS\*  
DE GARANTIA  
CONTRA CORROSÃO NO  
CONCRETO ARMADO**

**PC Systems**

Tel/Fax: (21) 2484-2287  
[www.pcsystems.com.br](http://www.pcsystems.com.br)  
[atendimento@pcsystems.com.br](mailto:atendimento@pcsystems.com.br)

Fax consulta nº 05

\* Serviços tradicionais de recuperação estrutural motivados por corrosão custam caro, complicam ainda mais o estado eletroquímico das armaduras e dão a falsa garantia de alguns anos, quando a corrosão vem mais forte. ZTP economiza grande parte das etapas de recuperação e, simplesmente, “desliga” a corrosão.



O uso de endurecedores de superfícies após a acabadora mecânica, além dos aditivos usados no concreto poderão afetar a aplicação ou a performance de um piso epóxico posterior?

### GLOSSÁRIO

**Ácido Oleoso ou Graxo** - Ácido derivado de um óleo natural. Glicerina dos animais, gordura e óleos dos vegetais são usados na fabricação de resinas.

**Epóxi** - Polímero termorrígido com família de ligações cruzadas, apresentando excelente resistência mecânica, química e isolamento elétrico.

Carlos Carvalho Rocha

# Pisos de concreto

O uso de aditivos no concreto ou o posterior uso de endurecedores pode afetar a adesão do piso epóxico?

Aditivos são aqueles materiais que, adicionados ao cimento portland, à água e aos agregados, promovem a modificação de suas propriedades plásticas durante a fase de lançamento ou na sua fase de endurecimento. As modificações, normalmente desejadas, consistem na redução da água de amassamento, melhora da trabalhabilidade e na diminuição ou aceleração da pega e endurecimento. Todo fabricante de tintas de proteção (geralmente epóxi) projetada ou específica uma resistência de adesão mínima, consoante com a composição do material e a espessura a ser aplicada. Genericamente falando, pinturas mais rígidas e mais espessas, naturalmente dimensionadas para suportar maiores tensões térmicas e mecânicas, necessitam de maior adesão, exigindo resistência superficial mais intensa

para o concreto, de modo a eliminar ou reduzir futuros descolamentos.

### Os números e as especificações

Para efeito de norma, a adesão do primer ou da própria tinta, assim como a resistência da superfície do concreto podem ser avaliadas por tração direta através do teste de arrancamento especificado pela ASTM D4541.

Superfícies de concreto mal preparadas ou inadequadamente curadas podem apresentar resistências que variam de 0 a 0,35MPa quando testadas à tração. Por outro lado, superfícies bem preparadas e bem curadas poderão oferecer resistências à tração variando de 2,0 a 3,5MPa. Alguns aditivos, usados adequadamente ou não, poderão deixar mate-



o latex acrílico

A película de tinta à base de latex acrílico após alguns anos.

As tintas acrílicas são à base de latex orgânico totalmente degradável com o passar dos (poucos) anos. No final é sempre a mesma coisa. A tinta perde a cor e sua película fica totalmente comprometida. SILICOTE é tudo que se queria: durabilidade e aquela garantia que não se tinha. SILICOTE é a tinta de silicato que se incorpora à superfície da fachada da edificação ou da estrutura de sua ponte ou indústria, incapaz, portanto, de sofrer peelings ou virar escamas como as tintas orgânicas à base de latex. Evolua para as tintas de Silicato.

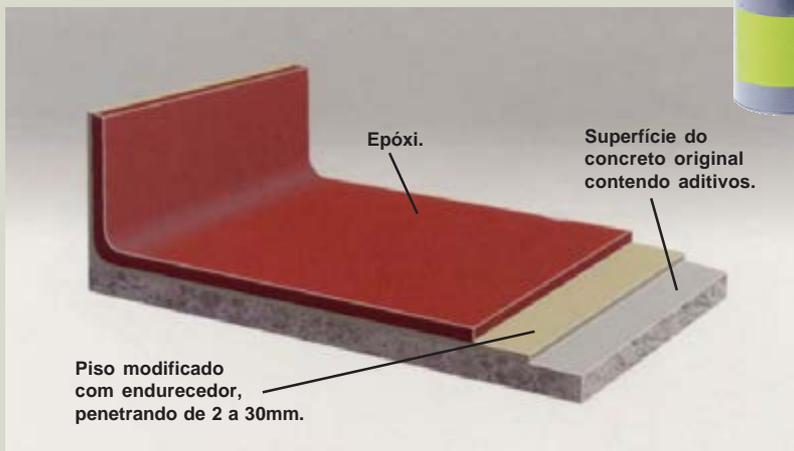
**SuperTreat**

Tel.: (21) 2484-2300  
www.supertreat.com.br  
sac@supertreat.com.br

Use **SILICOTE**  
Fax consulta nº 08

rial ou resíduos na superfície do concreto, podendo afetar ou reduzir a adesão física ao sistema de proteção a ser aplicado. Como exemplo podemos citar os ácidos graxos, sabões, estearatos ou produtos derivados de petróleo. Não conhecemos qualquer trabalho que relacione problemas de adesão ao uso de aditivos. No entanto, há trabalhos e mais trabalhos que associam o problema da adesão à má preparação da superfície ou, mais freqüentemente, à ausência de condições físicas adequadas. Não é difícil imaginar que o problema poderá ser causado por diversos tipos de “misturas” utilizadas pelo pessoal das aca-

Piso de concreto pronto para receber epóxi. Quais os testes necessários para se checar o seu estado?



badoras mecânicas, de modo a dar aquela “melhora” na superfície. Este tipo de “material” aplicado na superfície, juntamente com os diversos tipos de agentes ou películas de cura (como por exemplo os à base de parafina) utilizados pode, de forma adversa, afetar a adesão ao sistema de proteção. A preparação exigida nem sempre remove integralmente estes materiais. O teste da gota d’água é um bom indicador inicial.

#### Os endurecedores de superfície

Além de incrementarem substancialmente a resistência superficial do piso também

Esquema do piso final após o tratamento.

A ação das empilhadeiras...



...no seu piso de concreto.

As antigas “fórmulas” à base de silicato ou fluorsilicato penetram, no máximo, 3 milímetros no substrato do piso o que, com o correr dos anos, é insuficiente para resistir ao tráfego contínuo de empilhadeiras e outros processos abrasivos ou de impactos. A fórmula revolucionária à base de lítio de PENTRASIL penetra profundamente no concreto, oferecendo maior e melhor dureza assim como durabilidade inigualável.

**REM**  
corp.

Tel.: (21) 2484-2286  
www.remcorp.com.br  
remcorp@remcorp.com.br

**PentraSil**

Fax consulta nº 09



O fundo de tanques de concreto ou qualquer reservatório é propício à surgência de umidade proveniente do solo.

#### Limpeza

Após a preparação da superfície, toda a nata superficial deverá ser removida, assim como as eflorescências ou qualquer outra contaminação. Se houver qualquer dúvida sobre contaminação por ácido, dever-se-á testar o pH da superfície. Caso se constate valores inferiores a 8, poderá haver contaminação por algum ácido ou sal ácido.

#### Textura

É muito relativo o termo "textura ótima" para receber uma tinta ou sistema epóxico de proteção. Entretanto, não deixa de ser um belo parâmetro ou indicador da efetiva preparação da superfície. Claro que se a textura obtida com a preparação for igual a existente no início dos trabalhos, dever-se-á levantar suspeitas.

Se a superfície ainda retém o liso original característico da acabadora mecânica, certamente ainda apresenta-se inadequada (su-

agem como agentes de cura. Não há, até a presente data, qualquer informação que associe um comprometimento da futura adesão com o uso prévio de endurecedores de superfície.

#### Eliminando qualquer possibilidade

A melhor maneira de eliminar possíveis efeitos negativos dos aditivos utilizados no concreto, na adesão com o futuro sistema de proteção é seguir etapas bem definidas de preparação das superfícies, de modo a garantir a melhor limpeza, textura, resistência e secagem para a superfície. As etapas são:

Este concreto não está pronto para o epóxi porque a umidade estática e a dinâmica não permitem.



Somente TVA-OK dá a certeza de que o piso de concreto poderá receber seu epóxi ou qualquer outro revestimento. A umidade afeta a adesão e todo o seu investimento. Pense duas vezes. Pense em TVA-OK



**SuperTreat** Tel.: (21) 2484-2300  
www.supertreat.com.br  
sac@supertreat.com.br  
Fax consulta nº 10

# PROTEJA-SE

## Fluorpolímeros *versus* Silicones

Os selantes de última geração da Master Chemicals reduzem ainda mais a tensão superficial das pedras polidas e brutas.



SELANTE FLUORPOLÍMERO	
Resistente a UV e IV	MASTER REPEL 22-24 dinas/cm

SELANTE À BASE DE SILICONE	
Mancha	SILICONE 40-45 dinas/cm

As moléculas do Master Repel deixam a superfície com tensão entre 22-24 dinas/cm. Por serem sub-superficiais, não alteram as características originais das rochas ornamentais (cor, brilho, rugosidade e etc), de fácil aplicação, inodoros e inofensivo para a camada de ozônio.

Silicones fazem com que a tensão superficial seja de 40-50 dinas/cm, não tendo boa repelência ao óleo, altera a tonalidade e exala forte odor.

A aplicação do Water Repel nas bordas e nas costas das pedras nobres, antes do assentamento, irá impedir o aparecimento de manchas originais da migração de contaminantes advindas da mescla cimento e areia, além de evitar a propagação de oxidação resultante do contato com a água com partículas metálicas encrustadas na matriz. Utilize também o Quarry Glass para realçar as cores e densificar a superfície, aumentando a resistência à abrasão em pelo menos um ponto na escala MOHS.



Rua Minas Novas, 73 - Bairro Cruzeiro  
Belo Horizonte - MG - Pabx: 31 3227-4823  
Internet: www.mastercompanyltd.com.br  
Email: sac@mastercompanyltd.com.br



A química do epóxi, durante seu tempo de endurecimento, é extremamente vulnerável a qualquer surgência de umidade no concreto.

perície fraca ou contaminada) a uma boa “molhagem” pelo primer ou mesmo a tinta.

### Resistência

A maioria das referências e especificações citam a resistência do concreto à compressão como parâmetro abalizador, atribuindo um mínimo de 28MPa após 28 dias de cura. É interessante relatar, no entanto, que a adesão e a performance do sistema ou pintura de proteção só quer saber da resistência superficial a ser oferecida, isto significa que poder-se-á ter uma resistência à compressão ótima de 30MPa e uma resistência superficial ou de adesão virtual igual a zero,



O conhecimento do concreto utilizado no piso, uma preparação adequada da superfície e o conhecimento da presença de umidade dinâmica são fundamentais. O acabamento do epóxi é incontestável.



### Nada de injeção e perda de tempo.

Preencher e monolitizar trincas e fissuras no concreto estrutural ficou mais fácil com o revolucionário sistema epóxico de baixa viscosidade PP50. Isento de solventes, com 100% de sólidos, possui viscosidade praticamente igual a da água. Basta verter e pronto. Sua estrutura está novamente monolitizada. PP50 só tem dois componentes e é um potente monolitizador, superior ao metacrilato pelo preço e pela facilidade de aplicação. Ideal para aplicação em estruturas com trincas e fissuras como lajes, pisos industriais, lajes de vertedouros, etc.

### PP50 na sua estrutura!

**SuperTreat** Tel.: (21) 2493-6740  
www.supertreat.com.br  
sac@supertreat.com.br

Fax consulta nº 11

se o concreto não foi bem curado e preparado.

#### Secagem

O efeito da umidade no concreto é complexo e pode ser obtido nas edições nºs. 15, 23 e 30 da RECUPERAR. A maioria dos fabricantes de sistemas ou tintas de proteção nos EUA especificam um teor máximo de umidade para a superfície, antes de sua aplicação. Isto é para assegurar que a umidade não migrará para a superfície, previamente seca, após a aplicação da tinta, o que comprometerá sua adesão, sua cura e a sua secagem. Neste particular, é preciso diferenciar os testes de umidade feitos com medidores comuns, que oferecem apenas o que se denomina de umidade estática, muito relativa e absolutamente perigosa já que poder-se-á obter valores de ausência de umidade em um determinado instante e em outros valores proibitivos. Aqui, recomenda-se o uso do teste de umidade dinâmica TVA, de acordo com a norma ASTM F1869-98, "Método padrão para cálculo da taxa de

emissão de umidade por vapor d'água para pisos de concreto usando o cloreto de cálcio anidro". É sério. Se você não atentou para este importante detalhe, certamente poderá estar tendo problemas.

#### Fax consulta nº 12

Para ter mais informações sobre Pisos Industriais.

Click aqui:

<http://www.recuperar.com.br>

#### REFERÊNCIAS

- Carlos Carvalho Rocha é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- May, Clayton A., and Tanaka, Yoshio "Epoxy resins, chemistry and technology".
- Robert R. Cain, "How to select the best coating for concrete floors".
- ACI Committee 302, "Guide for concrete floor and slab construction".
- H. Blumer, "Moisture migration - Concrete floor on ground construction". Bulletin D89, Portland Cement Association.
- Wake, William C., "Adhesion and the formulation of adhesives", applied science publishers.

# TRINCAS EM PISOS DE CONCRETO? SINISTRO, MUITO SINISTRO!

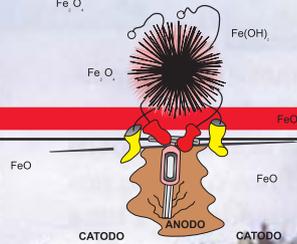
O que as trincas e fissuras fazem em um piso de concreto, seja industrial ou comercial é um verdadeiro crime. Combata estes efeitos com a melhor e mais eficiente arma: METACRILATO. É só verter, espalhar e pronto. Acabam-se o sinistro. METACRILATO restitui, em 30 minutos, a monolitidade do concreto, pois adentra sozinho em fissuras de até 0,01mm. Aplicável também em vigas, pilares e lajes.

*Aplique hoje mesmo METACRILATO e considere o crime resolvido.*

**SuperTreat**

Tel.: (21) 2484-2300  
www.supertreat.com.br  
sac@supertreat.com.br

Fax consulta nº 13



Nas estações de tratamento de esgotos estão as maiores ocorrências da biocorrosão, tanto no concreto armado como nas tubulações.



Seção de uma tubulação de aço de uma ETA de 18 meses apenas, coberta com subprodutos da corrosão e tubérculos formados pelo crescimento da bactéria oxidante do ferro.

**Michelle Batista**

## O tratamento da biocorrosão

É um tratamento complexo, porque exige o conhecimento do meio, sem o que poder-se-á alimentar as bactérias, simplesmente.

As bactérias comumente encontradas na biocorrosão apresentam-se em diferentes estados metabólicos. Aquelas que trabalham ativamente, consumindo nutrientes e proliferando situam-se no chamado estágio de crescimento. As que simplesmente existem e não apresentam qualquer nível de crescimento, devido a condições desfavoráveis, situa-se no chamado estado “repouso”. Algumas variações, quan-

do em contato com ambientes desfavoráveis, formam esporos, sobrevivendo, desta forma, a temperaturas extremas e a longos períodos sem umidade e nutrientes. Ainda assim, podem crescer de forma rápida quando encontram condições favoráveis. Estes dois últimos estados podem parecer ao técnico observador que são células mortas. No entanto, há muita vida nestes meios.

### Classificando os microorganismos

Existem diversas formas de classificar os microorganismos associados à biocorrosão. A forma mais peculiar se associa com o seu metabolismo:

- As substâncias, a partir das quais obtêm o carbono para o seu crescimento e reprodução. Em outras palavras, os nutrientes.
- A química através da qual consegue energia ou meios para viver, isto é, um “aceitador de elétrons terminal”.
- Os elementos que acumulam como resultado destes processos.

Uma outra forma de classificar os microorganismos associados à biocorrosão é relacioná-los com as próprias bactérias:

- Bactéria redutora de sulfatos (BRS).
- Bactéria oxidante de sulfetos e enxofre.
- Bactéria e fungos que produzem ácidos.
- Bactéria oxidante do ferro.

### GLOSSÁRIO

**Acetatos** - Nome genérico dos plásticos de acetato de celulose, particularmente para as fibras desse material. Quando aquecido pode apresentar odor do vinagre.

**Bactéria** - Qualquer um dos grandes grupos de organismos microscópicos freqüentemente agregados em colônias e cercados por paredes celulares ou membranas. Bactérias podem existir como organismos auto sustentados no solo, água ou na matéria orgânica, assim como parasitas em corpos vivos de plantas e animais.

**Biocorrosão** - Forma de corrosão associada a ambientes aquosos.

**Bolor** - Vegetação criptogâmica que se forma em superfícies orgânicas (sob ou sobre películas de tinta por exemplo) quando há excesso de umidade e temperatura adequada no ambiente. Fungo superficial que se alimenta dos ingredientes de revestimentos, como as tintas, atacando todos os outros materiais orgânicos. Germe causador de doenças. Utiliza-se fungicidas para combatê-los.

**Esporos** - Variante de esporó. Forma de resistência de bactérias.

# **BIOCORROSÃO**

## **Procurando Microorganismos?**

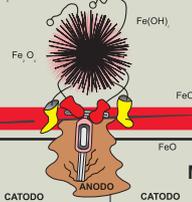
Biocorrosão é um tipo de corrosão que, freqüentemente, resulta em rápida ruína de tanques, ETEs, ETAs, tubulações e equipamentos petroquímicos, geração elétrica e em indústrias químicas.

Dispomos dos melhores profissionais e equipamentos para análise microbiológica.

**Pare de ter prejuízo.  
Use nossos serviços.**

**KGT Laboratories**  
Especializada em Serviços de  
Biocorrosão para Indústrias

Tel.: (21) 2493-4702  
[www.kgtlab.com.br](http://www.kgtlab.com.br) • [sac@kgtlab.com.br](mailto:sac@kgtlab.com.br)  
Fax consulta nº 24



- Bactéria que fixa o manganês.
- Bactéria oxidante de acetatos
- Bactéria que produz acetatos.

Uma outra forma interessante de classificar os microorganismos relacionados à biocorrosão tem a ver com sua forma:

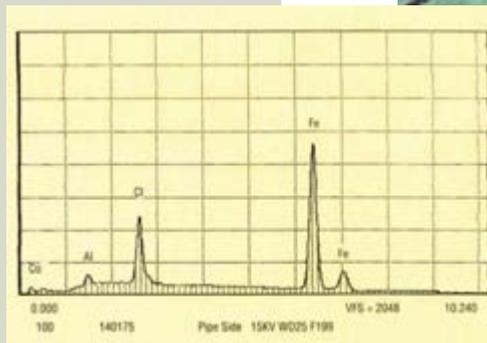
- “Vibrio”, apresenta células em forma de cabelo comprido ou uma franja.
- “Bacilus”, células em forma de haste ou vareta.
- “Cocus”, que formam células arredondadas.
- “Mices”, para células na forma de fungos.

### Como proteger estruturas da biocorrosão

De um modo geral, utilizam-se pinturas em forma de barreiras e proteção catódica para o tratamento da corrosão. A proteção por barreira já foi bastante comentada em edições anteriores da RECUPERAR. Com relação à proteção catódica, os números 37 e 38 falam bastante a respeito. Do ponto de vista microbiológico, o problema deve ser resolvido com base nas seguintes estratégias:

- Adicionando-se biocidas (substâncias bactericidas ou bacteriostáticas) e biodispersantes ao meio, de modo a destruir ou

**Microfotografia (1000X) de bactérias oxidantes do ferro na forma de filamentos. Colonização na forma de fios, facilitando o acesso de nutrientes, gerando pilhas de corrosão.**



Nesta espectrometria de difração de elétrons identificamos os produtos da corrosão obtidos no local afetado por pites

- inibir a atividade metabólica do microorganismo.
- Mudando as características do meio onde se desenvolve o processo de corrosão, de modo a torná-lo inadequado ao desenvolvimento dos microorganismos. Por exemplo, impondo aeração, no caso de bactérias anaeróbicas.

Existe uma quantidade formidável de biocidas oxidantes e não oxidantes no mercado. Deve-se, portanto, exigir que cumpram determinados requisitos obrigatórios. Entre eles:

- Serem específicos para o microorganismo em questão e a existência de biofilmes.
- Possuírem ação inibidora diante de outras substâncias presentes no meio, em condições similares de temperatura e pH, não podendo desenvolver tolerância por parte do microorganismo.
- Não desenvolver qualquer tipo de ação corrosiva no ambiente.

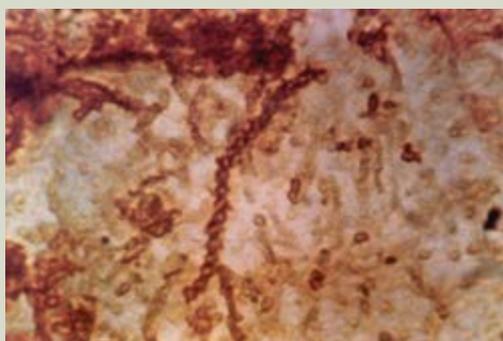
Biodispersantes, usualmente moléculas não iônicas, são um exemplo bastante interessante pois as moléculas formadoras destas substâncias adsorvem na superfície do aço

### GLOSSÁRIO

**Espectrômetro** - Equipamento que determina a distribuição de frequência em energia gerada por qualquer fonte, indicando todos os componentes, simultaneamente.

**Fungos** - Qualquer um dos grandes grupos de plantas paríticas com carência de clorofila, incluindo-se mofo, bolor, cogumelos e aqueles germes que causam fermentação, usados para fazer licores etc.

**Ferrobactéria** - Bactérias que oxidam o ferro como fonte de energia. O ferro oxidado, na forma de  $Fe(OH)_3$  é, então, depositado no ambiente pela secreção da bactéria. A energia obtida a partir destas reações é usada para transportar todas as etapas de fabricação de substâncias básicas necessárias às bactérias.



Microfotografia de “fios” retorcidos de hidróxido de ferro, subproduto da bactéria oxidante do ferro (galionela). Tubérculos destes fios causam biocorrosão.

## Você deseja proteção?



## BIOCIDAS

Gatos ainda possuem 7 vidas, mas águas de processamento e produtos industrializados não.

Para liquidar algas, fungos e bactérias que afetam seu sistema use biocidas BIOCOM.

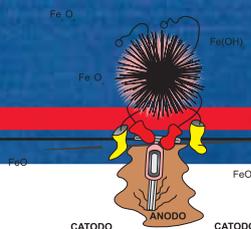
Melhor qualidade, sem restrições.

Se você deseja biocidas, conte conosco.

Fax consulta nº 25



Tel.: (21) 2484-2301  
www.biosoluções.com.br  
sac@biosoluções.com.br



de forma mais rápida e eficiente que os polímeros formadores do biofilme. Reduzindo o tamanho dos pontos de contato do biofilme com a superfície, os dispersantes promovem seu descolamento desestabilizando-os.

No tratamento da BRS, utiliza-se corriqueiramente cromatos, já que comportam-se como bons inibidores de corrosão. Os sais de cobre são excelentes biocidas, assim

como os clorofenóis, poliaminas e as substâncias provenientes do boro.

Uma outra estratégia de tratar os microorganismos e sua ação corrosiva, consiste na transformação das características do meio, tornando-o modificado ao desenvolvimento das bactérias. Diversas formas são propostas:

- Remoção dos nutrientes essenciais à bactéria, por exemplo, removendo-se as

fontes de enxofre para o caso dos *tiobacillus*.

- Modificação da concentração de oxigênio, para o caso das bactérias anaeróbicas. A aeração tem sido uma excelente estratégia para interromper o crescimento deste tipo de bactérias.
- O pH apresenta limites para determinar tipos de bactérias. Geralmente um pH menor que 5 pode inibir o crescimento de

A biocorrosão atua literalmente em todas as áreas industriais, particularmente em estruturas offshore.



HOSPITAIS



FRIGORÍFICOS

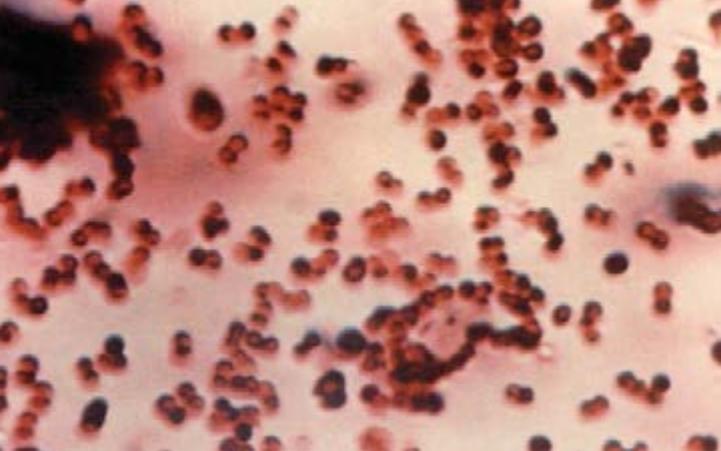


TANQUES

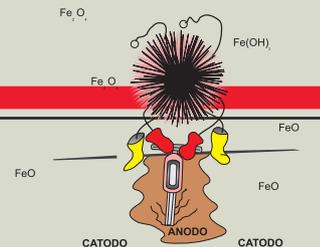


EM TODO TIPO DE INDÚSTRIAS





Microfotografia de uma suspensão de BRS (1000X). Note as células fazendo curvas aderidas em fibra de algodão (fundo branco). Imagem tirada de um pite com biocorrosão (anaeróbica).



Microfotografia de um fluido escuro tomado de um pite existente sobre aço carbono (1000X). Note as células em forma de espirais, típicas da BRS.

bactérias do tipo BRS. Do ponto de vista eletroquímico, no entanto, é extremamente perigoso para o prolongamento da corrosão.

O emprego de pinturas formadoras de barreiras isolam o concreto (e claro suas armaduras) ou a superfície metálica do meio ambiente corrosivo. A escolha baseia-se nas características físicas, químicas e bacteriológicas do meio ambiente e, principalmente, da composição da tinta. Uma composição inadequada desta última pode tornar uma barreira em prato feito para os microorganismos. O emprego de proteção por

barreiras é particularmente adequado para aquelas situações onde o uso de biocidas ou bactericidas é contra-indicado, como no caso de sistemas abertos, como canalizações, por exemplo. A proteção por barreira exige o controle de furos na película com o holiday detector.

Provavelmente, o melhor tratamento seja feito com proteção catódica, utilizando-se corrente galvânica através de anodos de sacrifício. Nos casos de recuperação, poder-se-á instalar os anodos de sacrifício pelo lado de fora do sistema, seja ele um reservatório ou um tanque de concreto.

**Fax consulta nº 26**  
 Para ter mais informações sobre Biocorrosão,  
 Click aqui:  
<http://www.recuperar.com.br>

**REFERÊNCIAS**

- Michelle Batista é Química.
- Ringas, C., and Robinson, F.P.A., Microbial Corrosion of Iron - Based alloys
- Butler, M.A., and Ison, R.C.K., Corrosion and its prevention in waters.
- Le Chevalier, M.W., H.C., and Geesey, G.G. Biofouling and Biocorrosion in Industrial Water Systems.



Pite com perfuração em parede de tubulação de aço carbono, tipificando BRS (1,5X).

*Esgoto, efluentes industriais e bactérias fazem isto em contato direto com o concreto.*

*Apenas um epóxi aguenta este tranco.*

*Já percebemos que é loucura deixar superfícies de concreto em contato direto com produtos extremamente ofensivos. Somente uma formulação epóxica, de forma garantida, atende a todas as exigências de resistência química e bacteriológica em estações de tratamento de esgotos e indústrias químicas, com garantia, o epóxi 28. Os demais vão para o sacrifício.*



**EPÓXI 28**  
 Tecnologia na medida certa.

Use Tecnologia.



Tel.: (21) 2484-2301  
[www.biosoluções.com.br](http://www.biosoluções.com.br)  
[sac@biosoluções.com.br](mailto:sac@biosoluções.com.br)

**Fax consulta nº 27**

**Laje protendida reforçada com PAF.**

Próxima Edição  
**RECUPERAR**

# CHUMBAMENTOS? INJEÇÕES?

(COM APLICAÇÃO MANUAL)

## ULTRABOND

ULTRA HIGH STRENGTH EPOXY SYSTEM AT HIGH TEMPERATURES



Nº 1  
10 minutos



Nº 2  
25 minutos



Nº 3  
5 minutos



CRACKBOND  
50cps, entra em  
qualquer fissura,  
manualmente.

Peça também nossas pistolas de aplicação



U.S.  
BONDER

SuperTreat

Tel.: (21) 2484-2300  
www.supertreat.com.br  
sac@supertreat.com.br

Fax consulta nº 29



A integração fibra de alta resistência/adeseivo epóxico é a melhor demonstração da eficiência dos polímeros aglomerantes epóxicos.

Carlos Alberto Monge

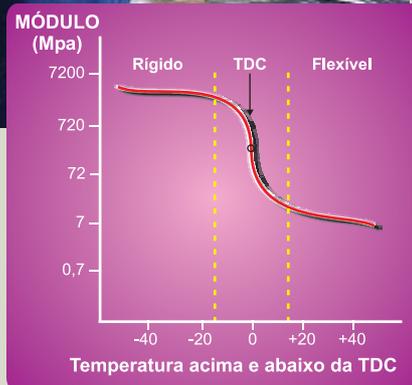
## Em defesa dos adesivos epóxicos

Muitos projetistas questionam o papel do adesivo epóxico quando submetido a temperaturas relativamente altas.

A evolução deste material é constante assim como impressionante, particularmente no que diz respeito a sua performance quando submetido a temperaturas anormais. A técnica de reforço estrutural com polímeros armados com fibras, seja de carbono ou Kevlar, é prova da performance destes polímeros.

São trêmulas e imprecisas, como as linhas riscadas pelo medo, aquelas que separam as necessárias precauções contra o perigo do alarmismo descontrolado perante a ação do adesivo epóxico quando submetido a temperaturas incomuns.

Uma visão racional parte do reconhecimento do perigo. Há diversos parâmetros que definem perfeitamente o comportamento de cada sistema epóxico submetido à ação de altas temperaturas. É correto temer a ação



Mudança do módulo de elasticidade na região da TDC.

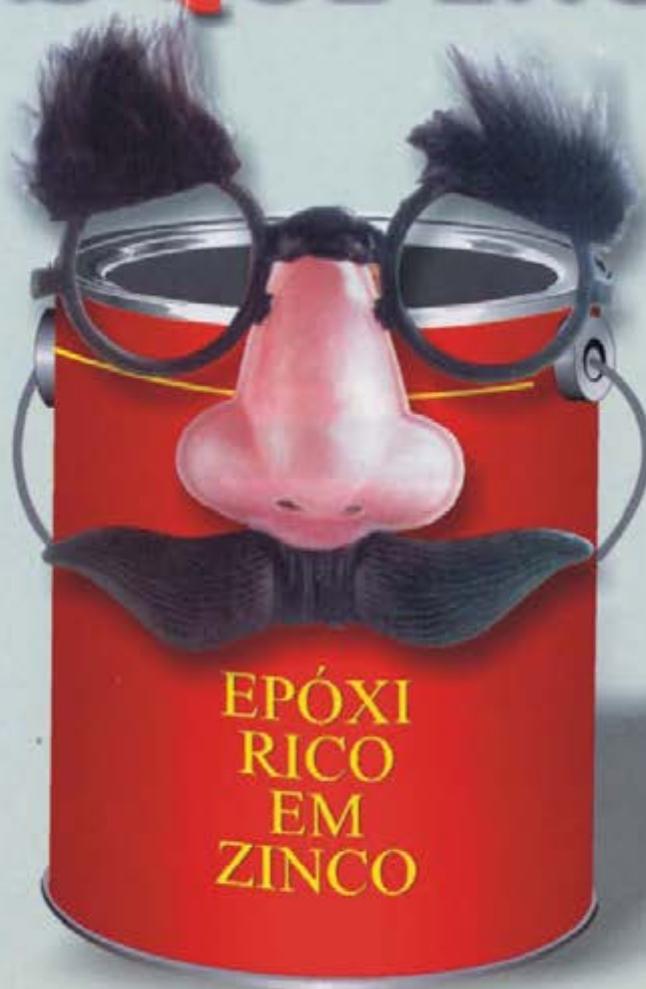
### GLOSSÁRIO

**Polímeros** - Materiais com altíssimo peso molecular, formados a partir de pequenas moléculas submetidas à ligações covalentes que permitem a ligação entre elas. Polímeros podem ser feitos com apenas um tipo ou com diversos tipos de molécula. As propriedades dos polímeros, sejam borrachas, plásticos, fibras ou adesivos são baseadas em seu alto peso molecular, grande tamanho de moléculas e a ligação entre estas cadeias individuais em uma forma volumosa. Cadeia ou rede de unidades repetidas combinadas quimicamente, formadas a partir de monômeros pela polimerização.

**Tensão** - Força por unidade de área, usualmente expressa em kg/cm<sup>2</sup> ou MPa.

**Módulo de elasticidade** - Se em uma peça de concreto de dimensões fixas, com comprimento igual a unidade e de seção igual a unidade, aplicarmos uma tensão de tração muito pequena T, haverá um alongamento em seu comprimento de C. Tão logo se suprime a tensão, o comprimento volta ao valor inicial. A relação T/C é, por definição, o módulo de elasticidade. É o coeficiente angular da reta que constitui o diagrama tensão-deformação.

# TINTAS QUE ENGANAM



## PROTEÇÃO CATÓDICA LÍQUIDA?

# ZLP



Epóxi rico em zinco não protege sua armadura contra a corrosão, porque o epóxi é um isolante elétrico e não deixa a carga das partículas de zinco fazer a troca galvânica com a armadura. Proteção líquida contra a corrosão só com ZLP, Zinco Líquido Puro. Você aplica e a troca galvânica é instantânea, sem isolantes e sem enganação. ZLP pode ser aplicado sobre a superfície do concreto, interligando-se a película de ZLP com a armadura ou diretamente em estruturas metálicas. ZLP é proteção catódica líquida, aplicada com pincel ou rolo, com garantia superior a 15 anos. Saiba mais sobre a tecnologia do ZLP, sua real proteção contra a corrosão no concreto armado ou protendido.

Em comportas de barragens



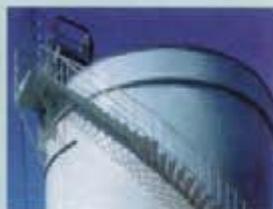
Região superior de reservatórios



Pontes



Tanques



[www.pcsystems.com.br](http://www.pcsystems.com.br)  
[pcsystems@infolink.com.br](mailto:pcsystems@infolink.com.br)  
Tel/Fax: (21) 2484-2287

Fax consulta nº 30

## O epóxi e o calor excessivo

Os epóxis são maus condutores de calor. A capacidade de armazenar calor é avaliada pelo seu calor específico, que é a quantidade de energia térmica necessária para elevar 1°C à unidade de massa do material. O aço apresenta valores abaixo de 0,1cal/grama°C, enquanto que os polímeros epóxicos em torno de 0,5. Por comparação, o calor específico da água é 1cal/grama°C, muito superior aos materiais empregados na engenharia civil.

Sua expansão térmica é avaliada pelo seu coeficiente de dilatação térmica linear, que é o alongamento relativo da peça por unidade de temperatura. É expresso em °C<sup>-1</sup> e pode ser determinado pelo método ASTM D696. Os adesivos epóxicos têm coeficiente de dilatação térmica de 2 a 5 vezes superior ao concreto (9 x 10<sup>-6</sup> mm/mm/C°).

Já o coeficiente de dilatação do aço é muito menor que o dos polímeros epóxicos. Isto é explicado pelo fato de que nos polímeros epóxicos os segmentos macromoleculares são unidos por ligações covalentes, muito mais pronunciadas que as ligações iônicas, próprias do aço. O polímero epóxico é um mau condutor de eletricidade. Seu módulo de elasticidade é medido pela razão entre a tensão e a deformação, dentro do limite elástico em que a deformação é totalmente reversível e proporcional à tensão. Aplica-se tanto à tração quanto à compressão, referindo-se à área transversal no início do ensaio.

O alongamento na rutura representa o aumento percentual do comprimento da peça sob tração, no momento da rutura. A dureza mede a resistência ou a penetração ao risco.

Característica	Adesivo Epóxico		Concreto
	Flexível	Rígido	
Resistência de tração (Mpa)	6 - 20	50 - 70	2,5
Alongamento na rutura (%)	30 - 100	1 - 4	-
Resistência à compressão (Mpa)	20 - 35	65 - 100	20 - 70
Temperatura de deflexão ao calor (°C)	-40 a 50	70 - 250	-

Propriedades físicas típicas entre concreto e adesivos epóxicos rígidos e flexíveis.



O reforço estrutural com PAF (fibra de carbono) em uma viga I pré-moldada que estará submetida a cargas adicionais.

de altas temperaturas, sob todos os aspectos, dentro de uma estrutura, seja ela reforçada ou não. Isto comparando-se, por exemplo, ao comportamento tensão/deformação do aço que também é alterado, ou as discontinuidades que ocorrerão nas recuperações feitas com materiais com módulos totalmente diferentes do concreto original. Tudo se altera com temperaturas elevadas. A coisa é particularmente séria quando muitos técnicos restringem o uso do epóxi até em serviços de chumbamentos, onde o adesivo não fica em contato com a intempérie, culpando-se, novamente aí, as “altas temperaturas” por absoluto

desconhecimento do comportamento dos polímeros epóxicos, assim como do concreto e do aço, frente à ação do calor. É preciso entendê-los. A recuperação e o reforço das estruturas de concreto armado e protendido com a introdução de armaduras externas como a fibra de carbono/Kevlar, ou propriamente com PAF proporciona a todos os profissionais desta área uma excelente oportunidade para aprofundar seus conhecimentos em relação aos polímeros, especialmente os epóxicos. Nunca, na engenharia civil, este polímero teve tanto questionamento e, porque não dizer, tanta importância.

## Propriedades que caracterizam o epóxi

Nos trabalhos de reforço estrutural com PAF, o adesivo epóxico torna-se parte integrante da “armadura” de reforço, transferindo tensões sem aquele efeito constante da histerese. Adesivos epóxicos que tenham sido tensionados por longos períodos de tempo não retornam à sua forma original, imediatamente após o alívio desta tensão atuante, pois um processo de relaxação precisa ocorrer antes que o adesivo retorne completamente à sua dimensão original. Esta demora no retorno à forma original é chamada histerese. Poder-se-á dizer que é a memória do epóxi para uma determinada propriedade que, dependente do seu estado anterior. Os adesivos epóxicos utilizados nos reforços com PAF devem ter alto módulo e, obrigatoriamente, alta temperatura de deflexão ao calor (TDC), de modo a oferecer a necessária resistência à fluência (creep) e, melhor ainda, ao cisalhamento. O epóxi, assim como o concreto e o aço, também sofre mudanças fundamentais, à medida que sua temperatura ultrapassa uma certa temperatura característica de todos os polímeros, a chamada temperatura de transição vítrea (Tg). Cada sistema epóxico tem uma TDC bem definida e uma Tg específica.

### GLOSSÁRIO

**Deformação** - É a mudança por unidade e comprimento, na direção linear de um corpo. Uma qualidade ausente de dimensão que pode ser medida convenientemente em porcentagem, em centímetros por centímetros, em milímetros por milímetros. Transformação que se traduz por variação da distância entre pontos de um corpo.

**Temperatura de transição vítrea** - Corresponde ao início do movimento da molécula. Temperatura na qual há absorção ou liberação de energia à medida que se aumenta ou diminui a temperatura. Pode ser obtida por calorimetria de varredura diferencial ASTM D-3418.

**Kevlar** - Nome comercial da aramida, uma fibra orgânica, em poliamida aromática, com altíssima resistência à tração que, uma vez inserida em uma matriz epóxica promove extraordinário aumento na resistência à flexão, tração e impacto para o filme.

**Temperatura de deflexão ao calor** - É determinada pela observação da temperatura na qual uma barra tensionada à flexão constante deforma ou sofre deflexão de um valor especificado de 0,25mm (teste ASTM D-648).

**Ligação iônica** - É formada pela combinação de elementos metálicos (eletropositivos) com os ametálicos (eletronegativos). Ocorre com transferência de elétron(s) de um átomo a outro. Liga um metal a um ametal.

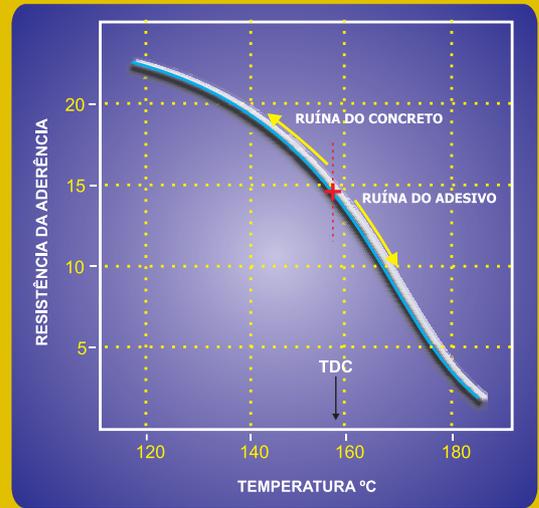
A versatilidade dos adesivos epóxicos no reforço estrutural com PAFs é enorme, inclusive em reforços de estruturas submersas. Há uma grande diversidade de adesivos epóxicos.



ca, significando que são formulados para todo tipo de resistência, módulo e para grandes variações de temperatura. A Tg, por sua vez, é a temperatura na qual o adesivo epóxico começa a se alterar, saindo daquele estado vítreo e quebradiço desejável para um estado plástico. Em outras palavras, abaixo da Tg, o adesivo epóxico comporta-se como o concreto ou o aço, agüentando firme tudo que lhe é imposto. Acima da Tg, no entanto, a história é outra. O epóxi não recupera integralmente sua memória, quando em carga, sofrendo fluência.



A verificação da resistência de aderência entre a superfície do concreto reforçado e a manta de fibra de carbono. A qualidade da aplicação, invariavelmente, indica o rompimento no concreto, abaixo da interface de colagem.



Resistência de aderência e o tipo de ruína (ASTM C881) de um adesivo rígido com TDC~160°C, em função da temperatura.

A medição da Tg é feita com equipamento sofisticado, segundo norma ASTM D-3418.

No entanto, há um teste bastante rápido e prático que oferece excelente aproximação

do valor real da Tg. Este teste, primeiramente, estabelece a TDC para caracterizar

## FLUOROPOLÍMEROS

### Mantas Autoaderentes e Pinturas

*Indicada para qualquer superfície submetida a temperaturas elevadas e substâncias agressivas. Você nunca viu nada igual.*

- Para
- Regiões sujeitas a altas temperaturas
  - Zonas de respingos e gases tóxicos
  - Estocagem secundária

Fax consulta nº 31

**BS**  
Biosoluções

Tel.: (21) 2484-2301  
www.biosoluções.com.br  
sac@biosoluções.com.br

CONTACT FILM & COATINGS

## E o concreto armado sob calor excessivo?

Sob o ponto de vista estritamente físico, o concreto sujeito a tensão permanente perde parcialmente resistência devido à degradação da sua energia interna, provocada pela deformação, quando sujeito a temperaturas elevadas.

O efeito da temperatura ou do calor excessivo sobre estruturas de concreto ou peças em separado, traduz-se em um aumento do seu volume.

A relação volume/temperatura é expressa pelo coeficiente de dilatação/retração térmica. Esta mudança de volume cria altas tensões de tração, cizalhamento,

compressão, etc, formadores de fissuras, trincas, deslocamentos e flexionamentos excessivos.

Uma variação de temperatura de 38°C em uma peça de 30m de extensão ocasionará um acréscimo de 22cm em seu comprimento.

O aço, por sua vez, quando mantido em fluência e a temperaturas elevadas, costuma romper com tensões mais baixas do que as geralmente aceitas, com a agravante do aparecimento da corrosão sob tensão e da corrosão em altas temperaturas

o epóxi. Um gráfico do módulo de elasticidade do polímero versus temperatura mostra, de forma clara, como as características do adesivo mudam com o aumento da temperatura, na região da TDC. Para valores de 10 a 15°C abaixo da TDC, o módulo, originalmente alto, literalmente despenca, quase que “estabilizando-se” a seguir (após a coluna tracejada).

Esta transição ou TDC formada pelas duas colunas verticais tracejadas (veja no gráfico abaixo) é muito importante para a tecnologia dos adesivos poliméricos utilizados na área de recuperação / reforço. Por exemplo, se um adesivo epóxico tem uma TDC de 120°C, alguns cétricos podem ques-

## Quando a obra necessitar de reforço estrutural ...

**MFC** é fibra de carbono para reforço de estruturas de concreto armado e protendido.

Aplicada desde 1996, **MFC** é pioneira no Brasil em serviços de reforço estrutural.

Disponemos de diversas formulações epóxicas estruturantes adequadas inclusive a situações onde haja presença de umidade, ou mesmo, subaquáticas.

**MFC** é rapidez, mínima mão-de-obra e grande economia.

Direto do Japão, sem intermediários, você tem fibra de carbono e todos os demais componentes da **MFC** através da **ROGERMAT**.

... use  
FIBRA DE CARBONO  
**MFC**



**Peça seu Catálogo**

Tels: (0xx21) 2493-4702

Fax: (0xx21) 2493-5553

e-mail: rogermat@dh.com.br

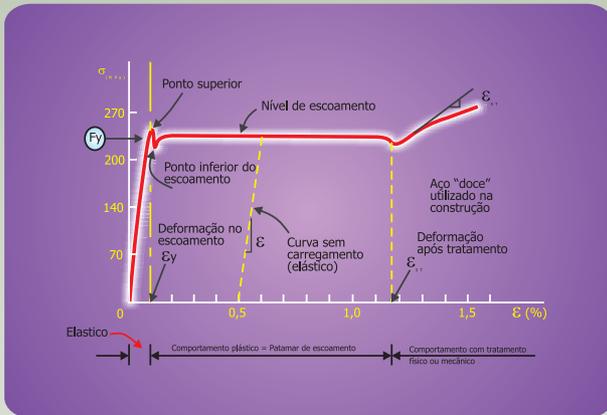
site: www.rogermat.com.br



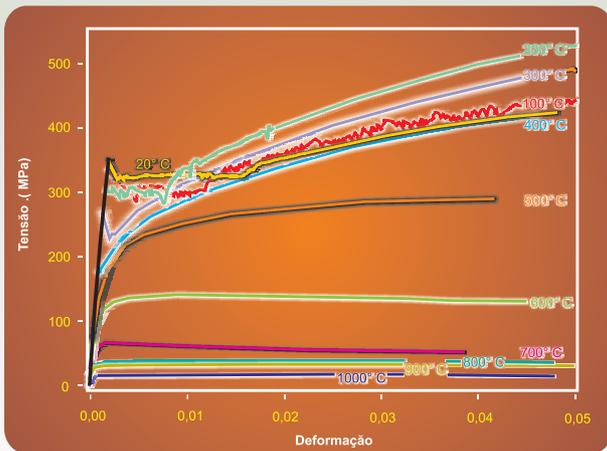
**Fax consulta nº 32**

## E o aço da construção, como se comporta no calor excessivo?

Suas propriedades de tração mais elementares são a tensão de escoamento ( $F_y$ ), a resistência de tração última ( $F_u$ ), a deformação na ruptura ( $\epsilon_u$ ) e com tratamento físico ou mecânico ( $\epsilon_{ST}$ ), sua redução de área ( $R_A$ ) e a relação tração/escoamento  $F_y/F_u$ . A inclinação da curva após  $\epsilon_{ST}$  é o módulo do aço com tratamento físico ou mecânico ( $E_{ST}$ ). O tratamento a frio muda essencialmente as característi-



cas do aço, tornando-o com alta resistência e baixa ductibilidade. As deformações plásticas que ocorrem deixam o material sem "memória". Seu módulo de elasticidade  $E$  é constantemente igual a 210.000MPa.



Análise do comportamento tensão-deformação do aço de construção submetido a temperaturas diferentes. Repare que a zona de escoamento e de recuperação do material alteram-se com o aumento da temperatura.

tionar o epóxi empregado no reforço estrutural, se muito exposto ao sol, já que poder-se-á ter temperaturas, na superfície, em torno de 80°C e, portanto, haver um processo de fluência no adesivo. Trata-se, portanto, de um questionamento im-procedente em razão de sua alta TDC, já que se subtrairmos 10 a 15°C teremos ainda um comportamento totalmente seguro do seu módulo. É interessante ressaltar um outro aspecto da TDC. Quando aderimos, por exemplo, alumínio ao concreto, material este com coeficiente de dilatação muito diferente do concreto é desejável ter um adesivo com um TDC menor do que a menor temperatura ambiente, o que se consegue preenchendo-se com elastômeros (inadequadamente chamados de selantes) o espaço entre os dois materiais.

Este elastômero automaticamente promove uma fluência ou "libera tensões" quando sujeito as tensões resultantes da expansão térmica diferencial do concreto e do alumínio (ou vidro por exemplo) em contato. É curioso relatar também que os epoxis de baixo módulo ou semi-rígidos têm

### GLOSSÁRIO

**Resina** - Termo aplicado a uma grande variedade de produtos fundíveis mais ou menos transparentes que podem ser naturais ou sintéticos, catalogados como polímeros. Designação de qualquer polímero que sirva como material aglomerante para tintas, plásticos e funciona como adesivo.

**Ligações cruzadas** - Termo aplicado para moléculas unidas lado a lado, assim como por suas terminações. Têm a particularidade de mudar as propriedades do polímero, aumentando seu peso molecular.

## Trincas com movimento?

A melhor solução para as trincas problemáticas que têm movimento é com o EPOXI 36. Ele adere, de forma excelente, nas bordas, permitindo que a trinca "trabalhe" adequadamente, sem comprometer o resto do piso. As juntas serradas também devem ser tratadas com EPÓXI 36.

Use Tecnologia.

Use EPÓXI 36

Fax consulta nº 33

SuperTreat

Tel.: (21) 2484-2300  
www.supertreat.com.br  
sac@supertreat.com.br

Um caso interessante de biocorrosão.

Próxima Edição  
RECUPERAR

## GLOSSÁRIO

**Relaxação** - Fenômeno de diminuição da tensão imposta, em um determinado tempo, com deformação constante.

**Ligação covalente** - Ligação que ocorre com o emparelhamento de elétrons entre dois átomos. Liga ametais entre si.

**Fluência** - Aumento da deformação, com o decorrer do tempo, mantendo-se a carga constante.

**Histerese** - Designação geral do fenômeno que ocorre quando a resposta de um sistema a uma ação externa variável depende do sentido desta variação, isto é, tem um valor quando a ação está crescendo e um outro valor quando a ação está decrescendo. É o que acontece, por exemplo, com certos polímeros que se alongam de uma determinada maneira quando sujeito à tração crescente e reagem de forma diversa quando a tração é decrescente.

uma TDC em torno de 25°C. Efetivamente, portanto, tem-se na Tg a mais importante propriedade do epóxi sujeito a altas temperaturas, já que responderá ou informará pelas mudanças no seu calor específico, no seu coeficiente de dilatação térmica e, porque não, também, no desempenho durante o processo de fluência?

Felizmente, existem no mercado sistemas epóxicos com TDC relativamente alta, algo em torno de 140°C, que possibilitam total segurança contra os problemas advindos da utilização do epóxi em colagens externas. Para esta situação de estruturas a serem reforçadas e que estejam expostas à ação do sol, dever-se-á, como boa regra, ter uma temperatura em sua superfície de

10 a 15°C abaixo da Tg, ou como medida prática, abaixo da TDC.

## Fax consulta nº 34

Para ter mais informações sobre Adesivos,

Click aqui:

<http://www.recuperar.com.br>

## REFERÊNCIAS

- Carlos Alberto Monge é Engenheiro Civil especialista em serviços de recuperação.
- Hugenschmidt, "epoxy adhesives for concrete and steel"
- May; Clayton, A. and Tanaka, Y., Epoxy resins, chemistry and technology.
- Mays, G. C., "structural applications of adhesives in civil engineering"
- Wake, William C., Adhesion and formulation of adhesives.
- Goul, Robert W., "state of the art adhesives for concrete construction".

# MEDIDOR DOS POTENCIAIS DE CORROSÃO

Para medir os potenciais de corrosão no concreto armado, já está disponível o novo conjunto semi-pilha **CPV-4** com voltímetro digital. A semi-pilha **CPV-4** é um revolucionário instrumento que mede os potenciais de corrosão em superfícies de concreto armado e protendido. Com este equipamento poder-se-á levantar ou monitorar, de tempos em tempos, possíveis estados de corrosão e a sua evolução, antes que a estrutura apresente sinais de ruína por sintomas de corrosão (desplacamentos).

ROGERMAT

Tel.: (21) 2493-4702  
[www.rogermat.com.br](http://www.rogermat.com.br)  
[rogermat@dh.com.br](mailto:rogermat@dh.com.br)

**TR Technologies**

Fax consulta nº 35

## SEMI-PILHA CPV4